



(19) RU⁽¹¹⁾ 2 155 461⁽¹³⁾ C1
(51) МПК⁷ H 05 B 3/34

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 99104250/09, 01.03.1999

(24) Дата начала действия патента: 01.03.1999

(46) Дата публикации: 27.08.2000

(56) Ссылки: SU 1794284 A, 07.02.1993. RU 94011346 A1, 27.10.1995. RU 2027320 C1, 20.01.1995. US 5422462 A, 06.06.1995. GB 1490534 A, 02.11.1977.

(98) Адрес для переписки:
103473, Москва, 3-й Самотечный пер., д.11,
ООО "ПРАКТИК-М", генеральному директору
Анисимовой М.В.

(71) Заявитель:
Общество с ограниченной ответственностью
"ПРАКТИК-М",
Офицерьян Роберт Вардгесович,
Скиба Андрей Олегович

(72) Изобретатель: Офицерьян Р.В.,
Скиба А.О.

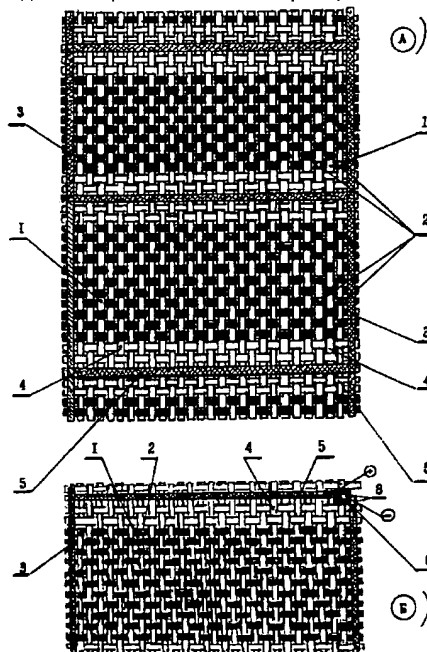
(73) Патентообладатель:
Общество с ограниченной ответственностью
"ПРАКТИК-М",
Офицерьян Роберт Вардгесович,
Скиба Андрей Олегович

(54) ГИБКИЙ НАГРЕВАТЕЛЬНЫЙ ЭЛЕМЕНТ

(57) Реферат:

Изобретение относится к электротермии и может быть использовано при изготовлении электронагревателей бытового и промышленного назначения. В гибком нагревательном элементе токопроводящая ткань содержит изолированные резистивные слои, сформированные из комплексных электропроводящих нитей, расположенные перпендикулярно к краевым электродам основы токопроводящей ткани, разнесенные друг от друга массивом изоляционных нитей, в зоне которых размещены дополнительные электроды, перекрещивающиеся с краевыми электродами и расположенные перпендикулярно к ним и параллельно к комплексным электропроводящим полимерным нитям. Для изготовления длинномерных электронагревателей комплексные электропроводящие нити токопроводящей ткани расположены параллельно к краевым электродам, а резистивные слои выполнены в виде полос по основе токопроводящей ткани и разнесены друг от друга массивом изоляционных нитей, в зоне которых расположены промежуточные электроды, причем как краевые, так и промежуточные электроды изолированы от полос из комплексных токопроводящих нитей изоляционными нитями, а по утку токопроводящей ткани перпендикулярно к комплексным электропроводящим нитям равномерно распределены дополнительные электроды, перекрещивающиеся с комплексными электропроводящими, изоляционными и металлизированными нитями электродов основы токопроводящей

ткани. Техническим результатом, который может быть получен от использования изобретения, является повышение электробезопасности и надежности гибкого нагревательного элемента и, как следствие, изделия в целом. 2 с. и 1 з.п.ф-лы, 5 ил.



Фиг. 1

RU 2 155 461 C1

RU 2 155 461 C1



(19) **RU** ⁽¹¹⁾ **2 155 461** ⁽¹³⁾ **C1**
 (51) Int. Cl.⁷ **H 05 B 3/34**

RUSSIAN AGENCY
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 99104250/09, 01.03.1999

(24) Effective date for property rights: 01.03.1999

(46) Date of publication: 27.08.2000

(98) Mail address:
 103473, Moskva, 3-j Samotekhnij per., d.11,
 OOO "PRAKTIK-M", general'nomu direktoru
 Anisimovoj M.V.

(71) Applicant:
 Obshchestvo s ogranichennoj
 otvetstvennost'ju "PRAKTIK-M",
 Ofitser'jan Robert Vardgesovich,
 Skiba Andrej Olegovich

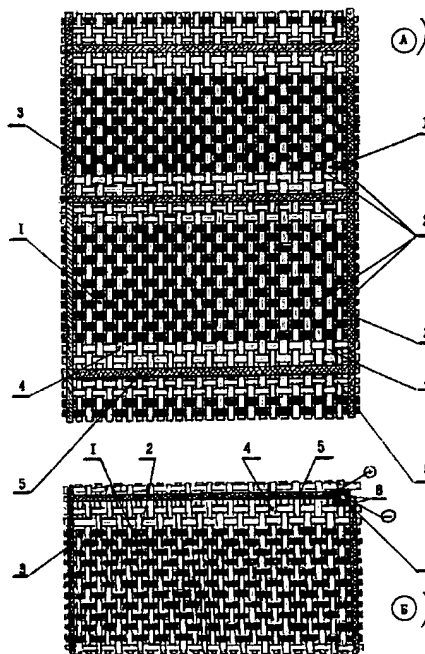
(72) Inventor: Ofitser'jan R.V.,
 Skiba A.O.

(73) Proprietor:
 Obshchestvo s ogranichennoj
 otvetstvennost'ju "PRAKTIK-M",
 Ofitser'jan Robert Vardgesovich,
 Skiba Andrej Olegovich

(54) **FLEXIBLE HEATING ELEMENT**

(57) Abstract:

FIELD: electrothermics; domestic and industrial electric heaters. SUBSTANCE: current-conducting fabric of heating element has insulated resistive layers formed of complex conducting threads arranged perpendicular to end electrodes of fabric warp which are spaced apart by mass of insulating threads with additional electrodes placed in their vicinity that are crossing end electrodes; additional electrodes are perpendicular to the latter and parallel to polymeric conducting threads. For elongated electric heaters, complex conducting threads of conducting fabric are arranged in parallel with end electrodes; resistive layers are made in the form of strips arranged on warp and spaced apart by mass of insulating threads with intermediate electrodes placed in their vicinity; both end and intermediate electrodes are insulated from strips of complex conducting threads by insulating threads; additional electrodes are uniformly distributed along fabric weft perpendicular to complex conducting threads and cross the latter, insulating and metal-coated threads of fabric warp electrodes. EFFECT: improved electric safety and reliability of heating element and heater as a whole. 3 cl, 5 dwg, 5 ex



Фиг. 1

RU 2 155 461 C1

RU 2 155 461 C1

Изобретение относится к области электротермии, а именно к гибким нагревательным элементам на тканной основе, которые могут быть использованы в быту, медицине, сельском хозяйстве и различных отраслях промышленности.

Известен тканый электронагреватель из полимерных материалов, который содержит плоский резистивный слой из ткани на основе электропроводных и неэлектропроводных нитей с электродами вдоль основы и покрывающие его с обеих сторон электроизоляционные слои, причем объемное соотношение неэлектропроводных и электропроводных нитей основы составляет от 1:1 до 1:1,5, а объемное соотношение токопроводящих нитей основы и утка - от 0,1:1,5 до 1:10. Электроды снабжены скрепленными с ними тоководами из медной фольги с образованием клемм электроразъема, размещенных вне резистивного элемента в зоне электроизоляционных слоев (см. патент РФ N 2046552, кл. Н 05 В 3/36, 1995 г.).

Известен способ изготовления плоского полимерного нагревателя, в соответствии с которым на полимерный резистивный элемент устанавливают параллельно расположенные тоководы из полосок медной фольги, затем наносят с обеих сторон изоляционное покрытие, оставляя выступающие из него концы тоководов, и прессуют все слои при соответствующих их материалам температурных и временных режимах (см. патент США N 3627981, кл. Н 05 В 1/00, 1969 г.).

Также известен гибкий нагревательный элемент, содержащий резистивный слой в виде токопроводящей ткани полотняного или сатинового переплетения, уток и основа которой выполнены из комплексных электропроводящих полимерных нитей, изоляционных нитей и металлизированных нитей, объединенных в электроды, которые размещены по краям резистивного элемента по основе токопроводящей ткани и огибают комплексные электропроводящие полимерные нити резистивного слоя (см. патент SU N 1794284, кл. Н 05 В 3/38, 1993 г., Бюл. N 5).

Основным недостатком известных нагревательных элементов является то, что при обрыве электропроводящей нити, размещенной между краевыми электродами, произойдет перераспределение электрического тока между соседними с ней электропроводящими нитями, т.е. электрический ток I_0 , текущий по электропроводящим нитям, расположенным перпендикулярно электродам, из-за наличия сопротивления R_n электропроводящих нитей, расположенных параллельно краевым электродам, распределится в двух ближайших направлениях, увеличивая при этом силу тока в 1,5-2 раза. Указанное обстоятельство приведет к обрыву соседних электропроводящих нитей утка резистивного слоя и очередному перераспределению электрического тока с образованием новых обрывов. Описываемый процесс будет носить необратимый характер, вовлекая в себя все новые и новые электропроводящие нити, вплоть до выхода из строя всего нагревательного элемента.

Кроме того, коммутация резистивного слоя

нагревательного элемента с использованием в качестве тоководов полосок из медной фольги требует обеспечения надежного контакта к электродам резистивного слоя, а процесс его изготовления требует большой ответственности и весьма трудоемок. Существенным недостатком является также тот факт, что составляющие материалы нагревательного элемента (изоляционные слои из реактопласта и термопласта, полимерное связующее и резистивный слой) имеют разный коэффициент усадки. Указанное обстоятельство приводит к тому, что в процессе изготовления нагревательного элемента методом прессования или каландрирования наблюдается деформация или обрыв полосок из медной фольги, соединяющей краевые электроды резистивного слоя, что недопустимо с точки зрения изготовления работоспособного и надежного в эксплуатации нагревательного элемента.

Ближайшим аналогом, выбранным в качестве прототипа, является изобретение по патенту SU N 1794284.

Основной задачей разработки является создание такой конструкции гибкого нагревательного элемента, в которой были бы исключены перечисленные недостатки, текстильная структура резистивного слоя обеспечивала бы полную коммутацию без использования полосок из медной фольги, а изготовление гибкого нагревательного элемента с использованием вышеупомянутого резистивного слоя обеспечивала высокую работоспособность в процессе эксплуатации при минимальных трудозатратах в процессе его производства.

Техническим результатом, который может быть получен от использования изобретения, является повышение надежности и работоспособности гибкого нагревательного элемента и снижение трудозатрат в процессе его изготовления.

Основная задача решена и технический результат достигнут за счет того, что в гибком нагревательном элементе, содержащем резистивный слой в виде токопроводящей ткани полотняного или сатинового переплетения, уток и основа которой выполнены из комплексных электропроводящих полимерных нитей, изоляционных нитей и металлизированных нитей, объединенных в электроды, которые размещены по краям резистивного элемента по основе токопроводящей ткани и огибают комплексные электропроводящие полимерные нити резистивного слоя, согласно изобретению токопроводящая ткань содержит изолированные резистивные слои, сформированные из комплексных электропроводящих полимерных нитей, расположенных перпендикулярно к краевым электродам основы токопроводящей ткани, разнесенные друг от друга массивом изоляционных нитей, в зоне которых размещены дополнительные электроды, перекрещивающиеся с краевыми электродами и расположенные перпендикулярно к ним и параллельно к комплексным электропроводящим полимерным нитям. Поставленная цель достигается также тем, что в массиве из изоляционных нитей параллельно комплексным электропроводящим нитям

размещены два электрода, а по ширине токопроводящей ткани параллельно краевым электродам равномерно распределены промежуточные электроды, перекрещивающиеся с комплексными электропроводящими, изоляционными и металлизированными нитями электродов утка токопроводящей ткани.

Также основная задача может быть решена и технический результат достигнут за счет того, что комплексные электропроводящие нити токопроводящей ткани расположены параллельно к краевым электродам, а резистивные слои, выполненные в виде полос по основе токопроводящей ткани, разнесены друг от друга массивом из изоляционных нитей, в зоне которых размещены два промежуточных электрода, причем как краевые, так и промежуточные электроды изолированы от полос из комплексных электропроводящих нитей изоляционными нитями, а по утку токопроводящей ткани перпендикулярно к комплексным электропроводящим нитям равномерно распределены дополнительные электроды, перекрещивающиеся с комплексными электропроводящими, изоляционными и металлизированными нитями электродов основы токопроводящей ткани.

Отличительные признаки являются существенными, поскольку каждый из них в отдельности и совместно направлен на решение поставленной задачи и достижение нового технического результата. Изолированные резистивные слои из комплексных электропроводящих полимерных нитей, расположенных перпендикулярно к краевым электродам токопроводящей ткани, позволяют повысить надежность и работоспособность нагревательного элемента. Наличие дополнительных электродов, размещенных в массиве из изоляционных нитей, которые перекрещиваются с краевыми электродами и расположены перпендикулярно к ним и параллельно к комплексным электропроводящим нитям, позволит обеспечить надежную систему коммутации резистивного слоя нагревательного элемента. Благодаря промежуточным электродам, размещенным по ширине токопроводящей ткани, можно расширить диапазон работы нагревательного элемента в зависимости от напряжения питания. Наличие резистивных слоев, выполненных в виде полос по основе токопроводящей ткани, позволит создать длинномерные нагревательные элементы.

Указанные отличительные существенные признаки являются новыми, так как их использование в известном уровне техники, аналогах и прототипе не обнаружено, что позволяет характеризовать предложенное техническое решение соответствующим критерием "новизна".

Единая совокупность новых существенных признаков с общими известными существенными признаками позволяет решить поставленную задачу и достичь новый технический результат, что позволяет характеризовать новое техническое решение существенными отличиями по сравнению с известным уровнем техники, аналогом и прототипом. Новое техническое решение является результатом

опытно-конструкторской отработки и творческого вклада, получено без использования стандартных, проектировочных решений или каких-либо рекомендаций, по своей содержательности и оригинальности соответствует критерию "изобретательский уровень".

На фиг. 1 представлена токопроводящая ткань, содержащая изолированные резистивные слои, сформированные из комплексных электропроводящих нитей, расположенных перпендикулярно к краевым электродам основы, и разнесенные массивом изоляционных нитей, в зоне которых размещены дополнительные электроды и фрагмент резистивного слоя из указанной ткани; на фиг. 2 представлена вышеописанная токопроводящая ткань, содержащая в массиве из изоляционных нитей два дополнительных электрода, а по ширине токопроводящей ткани - промежуточные электроды и фрагмент резистивного слоя; на фиг. 3 представлены токопроводящая ткань, в которой комплексные электропроводящие нити расположены параллельно к краевым электродам, а резистивные слои выполнены в виде полос по основе токопроводящей ткани, и фрагмент резистивного слоя из указанной ткани; на фиг. 4 представлен пооперационно технологический процесс изготовления резистивных слоев из вышеописанных токопроводящих тканей; на фиг. 5 представлены трехслойные нагревательные элементы, содержащие скоммутированные резистивные слои, размещенные между изоляционными слоями.

Фрагмент токопроводящей ткани, представленный на фиг. 1 (А), содержит резистивные слои 1, сформированные из комплексных электропроводящих нитей 2, которые расположены перпендикулярно к краевым электродам 3. Резистивные слои 1 разнесены друг от друга массивом изоляционных нитей 4, в зоне которых размещены дополнительные электроды 5. На поверхности резистивного слоя из указанной токопроводящей ткани, который представлен на фиг. 1 (Б), показаны места вырубki 6 дополнительного электрода 5 и зоны пайки 8 для шнура напряжения питания. На фиг. 2 (В) представлен фрагмент токопроводящей ткани, которая в массиве изоляционных нитей 4 содержит два дополнительных электрода 5. По ширине токопроводящей ткани параллельно краевым электродам 3 равномерно распределены промежуточные электроды 7. Зоны пайки 8 для шнура напряжения питания на резистивном слое показаны на фиг. 2 (Г).

Фрагмент токопроводящей ткани, представленный на фиг. 3 (Д), состоит из резистивных слоев в виде полос 9 на основе комплексных электропроводящих нитей 2, расположенных параллельно к краевым электродам 3. Полосы 9 разнесены друг от друга массивом из изоляционных нитей 4, в зоне которых размещены два промежуточных электрода 7, причем как краевые 3, так и промежуточные электроды 7 изолированы от полос 9 массивом изоляционных нитей 4. По утку токопроводящей ткани, перпендикулярно к комплексным электропроводящим нитям 2 равномерно распределены дополнительные электроды 5. На фиг. 3 (Ж) представлены

фрагменты резистивных слоев из вышеуказанной токопроводящей ткани, на которых показаны места вырубки 6 в дополнительных электродах 5 и зоны пайки 8 для шнура напряжения питания.

На фиг. 4 представлен пооперационно технологический процесс изготовления резистивных слоев из указанных на фиг. 1-3 токопроводящих тканей, который состоит из: I - разрезы токопроводящих тканей на отдельные резистивные слои в соответствии с техническими характеристиками и габаритными размерами разрабатываемого гибкого нагревательного элемента; II - коммутации резистивного элемента, обеспечиваемой путем вырубки 6 силовых электродов и подготовки зоны пайки 8 для шнура напряжения питания; III - прессования (каландрирования) резистивного слоя совместно с изоляционными слоями (т.е. резистивный слой размещают между изоляционными слоями с последующей термообработкой всего пакета в соответствии с наиболее оптимальным режимом структурирования материала изоляционных слоев).

На фиг. 5 представлены нагревательные элементы, которые содержат скоммутированный резистивный слой 1, изоляционные слои 10, силовые электроды 11, гермовывод 12, шнур питания 13.

В качестве изоляционных слоев гибкого нагревательного элемента могут быть использованы реактопласты (например, стеклоткань, пропитанная термореактивной эпоксидной смолой); термопласты (например, полиэтилен). Также можно использовать двухстороннюю самоклеющую пленку (например, двухсторонний "скотч"), которую с одной стороны приклеивают к резистивному элементу, а с другой - к фрагменту того или иного изделия. Причем с целью снижения теплоотдачи на наружную поверхность "скотча" (не обращенную к изделию) можно наклеить теплоизолирующий материал (например, пенопласт, резину, кожу, пористый пенополиэтилен и т.д.).

Как показано на фиг. 5, гибкий нагревательный элемент (фиг. 5 (Л)) содержит шесть параллельно соединенных нагревательных элементов. Что касается гибкого нагревательного элемента, представленного на фиг. 5 (К), то он состоит из трех параллельно соединенных нагревательных элементов, причем крайние элементы имеют более высокую температуру рабочей поверхности, чем средние.

Это обусловлено тем, что температура рабочей поверхности гибкого нагревательного элемента зависит от его удельной мощности, а, как известно, удельная мощность $P_{уд}$ и температура рабочей поверхности T гибкого нагревательного элемента определяется из следующих соотношений:

$$P_{уд} = \frac{P}{A \cdot B} \quad (I);$$

$$P = \frac{U^2}{R_c} \quad (II);$$

$$R_c = \frac{R \cdot L}{n \cdot A} \quad (III);$$

$$T_k = T_o + \frac{P_{уд}}{\alpha} \quad (IV),$$

где P - номинальная мощность нагревательного элемента, Вт; A и B - соответственно длина и ширина резистивного слоя, м; U - заданное напряжение питания, В; R_c - электросопротивление резистивного слоя, Ом; $n \cdot A$ - количество комплексных электропроводящих нитей на длину резистивного слоя; R_n - удельное линейное электросопротивление электропроводящей нити, Ом/м; T_c - температура окружающей среды, °C; T_k - температура рабочей поверхности нагревательного элемента, °C; α - коэффициент теплоотдачи нагревательного элемента, Вт/м² · K.

Как следует из соотношений I-IV, температура рабочей поверхности нагревательного элемента прямо пропорциональна величине удельной мощности резистивного слоя при условии, что электроизоляционные слои выполнены из одного и того же материала и сформованы при одном и том же технологическом процессе.

Примеры расчета резистивного слоя нагревательного элемента из разработанных токопроводящих тканей на основе комплексных электропроводящих нитей применительно к гибким нагревателям различной мощности и напряжения питания для различных изделий представлены ниже.

В процессе расчета определялись количество комплексных электропроводящих нитей n на единицу длины резистивного слоя; количество электродов K ; количество металлизированных нитей в электроде для четного m_1 и нечетного m_2 количества электродов. Расчет производился с использованием соотношений:

$$n = \frac{P}{\gamma_o \cdot A \cdot B} \quad (V);$$

$$K = 1 + \frac{1}{U} \sqrt{\frac{R \cdot P \cdot B}{n \cdot A}} \quad (VI);$$

$$m_1 = \frac{2P}{U \cdot K} \sqrt{\frac{R}{\gamma_m}} \quad (VII);$$

$$m_2 = \frac{2P}{U \cdot (K-1)} \sqrt{\frac{R}{\gamma_m}} \quad (VIII),$$

где P - номинальная мощность нагревательного элемента, Вт; A и B - соответственно длина и ширина резистивного слоя, м; γ_o - предельно допустимое тепловыделение на единицу длины электропроводящей нити, Вт/м; U - заданное напряжение питания, В; R_n - линейное электрическое сопротивление электропроводящей нити, Ом/м; γ_m - предельно допустимое тепловыделение с единицы длины металлизированной нити, Вт/м; R_m - удельное электросопротивление металлизированной нити, Ом/м.

Пример расчета структуры резистивного слоя (фигура 1Б).

Задано: Номинальная мощность нагревательного элемента $P = 800$ Вт, напряжение питания $U = 220$ В, длина $A = 1$ м, ширина $B = 0,8$ м. Требуется определить структуру резистивного слоя,

обеспечивающую технические параметры нагревательного элемента.

Решение: В качестве тепловыделяющей комплексной электропроводящей нити используем нить, линейное электрическое сопротивление которой $R_n = 150000 \text{ Ом/м}$ с предельно допустимым тепловыделением на единицу длины нити $\gamma_3 = 0,5 \text{ Вт/м}$. С помощью выражения V определяем количество комплексных электропроводящих нитей на длину резистивного слоя:

$$n = \frac{P}{\gamma_3 \cdot A \cdot B};$$

$$n = \frac{800}{0,5 \cdot 1 \cdot 0,8} = 2000 \text{ нитей/м}$$

Используя выражение VI определяем необходимое количество электродов в резистивном слое:

$$K = 1 + \frac{1}{U} \sqrt{\frac{R_n \cdot P \cdot B}{n \cdot A}};$$

$$K = 1 + \frac{1}{220} \sqrt{\frac{150000 \cdot 800 \cdot 0,8}{1 \cdot 2000}} = 1 + 0,99 = 1,99$$

Округляем полученное выражение до целых чисел и путем повторного использования выражения VI уточним количество тепловыделяющих нитей на длину резистивного слоя:

$$n = \frac{R_n \cdot B \cdot P}{U^2 \cdot (K-1)^2 \cdot A};$$

$$n = \frac{150000 \cdot 0,8 \cdot 800}{220^2 \cdot 1^2 \cdot 1} = 1983 \text{ нитей/м}$$

С помощью выражения VII определяем количество металлизированных нитей с учетом того, что использована металлизированная нить марки М8К2 на основе меди с удельным электросопротивлением $R_m = 1 \text{ Ом/м}$ и предельным тепловыделением с единицы длины $\gamma_m = 0,5 \text{ Вт/м}$.

$$m_1 = \frac{2P}{U \cdot K} \sqrt{\frac{R_m}{\gamma_m}};$$

$$m_1 = \frac{2 \cdot 800}{220 \cdot 2} \sqrt{\frac{1}{0,5}} = 5$$

Таким образом, для обеспечения надежности нагревательного элемента с обеспечением заданных параметров резистивный слой должен содержать 1983 электропроводящих нитей на 1 м длины и размещен между двумя электродами из 5-ти металлизированных нитей. Указанный резистивный слой соответствует структуре токопроводящей ткани, представленной на фиг. 1 (А), которая содержит изолированные резистивные слои, сформированные из комплексных электропроводящих нитей, расположенных перпендикулярно к краевым электродам основы токопроводящей ткани, разнесенные друг от друга массивом изоляционных нитей, в зоне которых размещены дополнительные электроды, перекрещивающиеся с краевыми электродами и расположенными перпендикулярно к ним и параллельно к комплексным электропроводящим нитям. Разработанные нагреватели могут

использоваться в быту и промышленности для обогрева жилых помещений и производственных площадей.

Пример расчета структуры резистивного слоя (фигура 2Г).

5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60

Задано: Номинальная мощность нагревательного элемента $P = 400 \text{ Вт}$, напряжение питания $U = 36 \text{ В}$, длина $A = 1 \text{ м}$, ширина $B = 0,5 \text{ м}$. Требуется определить структуру резистивного слоя, обеспечивающего технические параметры нагревательного элемента.

Решение: В качестве тепловыделяющей комплексной электропроводящей нити используем нить, линейное электрическое сопротивление которой равно $R_n = 120000 \text{ Ом/м}$ с предельно допустимым тепловыделением на единицу длины нити $\gamma_3 = 1,5 \text{ Вт/м}$. С помощью выражения V определяем количество электропроводящих нитей на единицу длины резистивного слоя:

$$n = \frac{P}{\gamma_3 \cdot A \cdot B};$$

$$n = \frac{400}{1,5 \cdot 0,5 \cdot 1} = 533 \text{ нитей/м}$$

Используя выражение VI определяем необходимое количество электродов в резистивном слое

$$K = 1 + \frac{1}{U} \sqrt{\frac{R_n \cdot P \cdot B}{n \cdot A}};$$

$$K = 1 + \frac{1}{36} \sqrt{\frac{120000 \cdot 400 \cdot 0,5}{1 \cdot 533}} = 1 + \frac{212}{36} = 6,8$$

Округляем полученное выражение до целых чисел и путем повторного использования выражения VI уточняем количество тепловыделяющих нитей на единицу длины резистивного слоя:

$$n = \frac{R_n \cdot B \cdot P}{U^2 \cdot (K-1)^2 \cdot A};$$

$$n = \frac{120000 \cdot 0,5 \cdot 400}{36^2 \cdot 6^2 \cdot 1} = 514 \text{ нитей/м}$$

С помощью выражения VIII определяем количество металлизированных нитей с учетом того, что использована медная нить марки М8К2 на основе меди с удельным электросопротивлением $R_m = 1 \text{ Ом/м}$ и предельно допустимым тепловыделением с единицы длины $\gamma_m = 0,5 \text{ Вт/м}$.

$$m_2 = \frac{2P}{U \cdot (K-1)} \sqrt{\frac{R_m}{\gamma_m}};$$

$$m = \frac{2 \cdot 400}{36 \cdot 6} \sqrt{\frac{1}{0,5}} = 5,1$$

Таким образом, для обеспечения надежности нагревательного элемента с обеспечением заданных параметров резистивный слой должен содержать 514 электропроводящих нитей. Указанный резистивный слой соответствует структуре токопроводящей ткани, представленной на фиг. 2 (В), которая содержит в массиве из изоляционных нитей два электрода, а по ширине токопроводящей ткани, параллельно краевым электродам промежуточные электроды, перекрещивающиеся с

комплексными, электропроводящими, изоляционными и металлизированными нитями электродов утка токопроводящей ткани. Разработанные нагреватели могут также использоваться в быту и промышленности для обогрева жилых, производственных и подвальных помещений.

Пример расчета структуры резистивного слоя (фигура 3Ж).

Задано: Номинальная мощность нагревательного элемента $P = 3600$ Вт, напряжение питания $U = 24$ В, длина $A = 1$ м, ширина $B = 6$ м. Требуется определить структуру резистивного слоя, обеспечивающего технические параметры нагревательного элемента.

Решение: В качестве тепловыделяющей комплексной электропроводящей нити используем нить, линейное электрическое сопротивление которой равно $R_n = 150000$ Ом/м с предельно допустимым тепловыделением на единицу длины нити $\gamma_3 = 1,5$ Вт/м. С помощью выражения V определяем количество электропроводящих нитей на единицу длины резистивного слоя:

$$n = \frac{P}{\gamma_3 \cdot A \cdot B};$$

$$n = \frac{3600}{0,5 \cdot 1 \cdot 6} = 1200 \text{ нитей/м}$$

Используя выражение VI определяем необходимое количество электродов в резистивном слое:

$$K = 1 + \frac{1}{U} \sqrt{\frac{R_n \cdot P \cdot B}{n \cdot A}};$$

$$K = 1 + \frac{1}{24} \sqrt{\frac{150000 \cdot 3600 \cdot 6}{1 \cdot 1200}} = 1 + \frac{1643}{24} = 68,4$$

Округляем полученное выражение до целых чисел и путем повторного использования выражения VI уточняем количество тепловыделяющих нитей на единицу длины резистивного слоя:

$$n = \frac{R_n \cdot B \cdot P}{U^2 \cdot (K-1)^2 \cdot A};$$

$$n = \frac{150000 \cdot 6 \cdot 3600}{24^2 \cdot 68^2 \cdot 1} = 1216 \text{ нитей/м}$$

С помощью выражения VIII определяем количество металлизированных нитей с учетом того, что использована медная нить марки М8К2 на основе меди с удельным электросопротивлением $R_m = 1$ Ом/м и предельно допустимым тепловыделением с единицы длины $\gamma_m = 0,5$ Вт/м.

$$m_2 = \frac{2P}{U \cdot (K-1)} \sqrt{\frac{R_m}{\gamma_m}};$$

$$m = \frac{2 \cdot 3600}{24 \cdot 68} \sqrt{\frac{1}{0,5}} = 6,1$$

Таким образом, для обеспечения надежности нагревательного элемента с обеспечением заданных параметров резистивный слой должен содержать 1216 электропроводящих нитей на единицу его ширины. Указанный резистивный слой соответствует структуре токопроводящей ткани, представленной на фиг. 3 (Д), в

которой комплексные электропроводящие нити расположены параллельно к краевым электродам, а резистивные слои выполнены в виде полос по основе токопроводящей ткани и разнесены друг от друга массивом из изоляционных нитей, в зоне которых размещены два промежуточных электрода, причем как краевые, так и промежуточные электроды изолированы от полос из комплексных электропроводящих нитей изоляционными нитями, а по утку токопроводящей ткани перпендикулярно к комплексным электропроводящим нитям равномерно распределены дополнительные электроды, перекрещивающиеся с комплексными, электропроводящими, изоляционными и металлизированными нитями электродов основы токопроводящей ткани.

Пример расчета структуры резистивного слоя электронагревателя, представленного на фиг. 5Л.

Задано: Номинальная мощность нагревательного элемента $P = 100$ Вт, напряжение питания $U = 12$ В, длина $A = 0,3$ м, ширина $B = 0,3$ м. Требуется определить структуру резистивного слоя, обеспечивающего технические параметры нагревательного элемента.

Решение: В качестве тепловыделяющей комплексной нити используем нить, линейное электрическое сопротивление которой равно $R_n = 150000$ Ом/м с предельно допустимым тепловыделением на единицу длины нити $\gamma_3 = 0,5$ Вт/м. С помощью выражения V определяем количество электропроводящих нитей на единицу длины резистивного слоя:

$$n = \frac{P}{\gamma_3 \cdot A \cdot B} = \frac{100}{0,5 \cdot 0,3 \cdot 0,3} = 2222 \text{ нитей/м}$$

Максимально возможная текстильная плотность комплексных электропроводящих нитей по утку токопроводящей ткани не более 2000 нитей/метр, поэтому комплексные электропроводящие нити размещены по основе токопроводящей ткани параллельно краевым электродам.

Используя выражение VI определяем необходимое количество электродов в резистивном слое, расположенных перпендикулярно к краевым электродам:

$$K = 1 + \frac{1}{U} \sqrt{\frac{R_n \cdot P \cdot B}{n \cdot A}} = 1 + \frac{1}{12} \sqrt{\frac{150000 \cdot 100 \cdot 0,3}{2222 \cdot 0,3}} = 1 + \frac{82}{12} = 7,84$$

Округляем полученное выражение до целых чисел и путем повторного использования выражения VI уточняем количество электропроводящих нитей на единицу длины резистивного слоя:

$$n = \frac{R_n \cdot B \cdot P}{U^2 \cdot A \cdot (K-1)^2} = \frac{150000 \cdot 100 \cdot 0,3}{144 \cdot 0,3 \cdot (7-1)^2} = 2693 \text{ нитей/м}$$

С помощью выражения VII определяем количество металлизированных нитей в каждом электроде с учетом того, что использована медная нить марки М8К2 на основе меди с удельным электросопротивлением $R_m = 1$ Ом/м с предельно допустимым тепловыделением с единицы длины $\gamma_m = 0,5$ Вт/м.

$$n = \frac{2P}{U \cdot K} \sqrt{\frac{R_n}{n}} = \frac{2 \cdot 100}{12 \cdot (7-1)} \sqrt{\frac{1}{0,5}} = 3,9 \text{ нитей}$$

Таким образом, для обеспечения надежности нагревательного элемента с обеспечением заданных параметров резистивный слой должен содержать 2893 комплексных электропроводящих нитей на единицу его длины, семь электродов из используемых металлизированных нитей марки M8K2 в каждом электроде.

Пример расчета структуры резистивного слоя электронагревателя, представленного на фиг. 5К.

Задано: Резистивный слой состоит из трех параллельно соединенных элементов в виде секций, две из которых крайние и одна средняя. Расстояние между электродами в крайних и средней секциях равно $L_1 = L_3 = 25$ см, $L_2 = 30$ см. Требуется определить мощность крайних и средней секций нагревательного элемента и температуру его рабочей поверхности с учетом того, что изоляционные слои выполнены из стеклопластика, коэффициент теплоотдачи которых составляет $\alpha = 24$ Вт/м²·К.

Решение: В качестве тепловыделяющей нити используем комплексную электропроводящую нить с удельным электросопротивлением $R_n = 150000$ Ом/м, количество тепловыделяющих нитей на единицу длины резистивного слоя $n = 1000$ нитей/метр. Определяем электрическое сопротивление резистивного слоя, используя выражение III для крайних секций нагревательного элемента:

$$R_c = \frac{R_n \cdot L_1}{n \cdot A} = \frac{150000 \cdot 0,25}{1000 \cdot 1} = 37,5 \text{ Ом}$$

Соответственно определяем электрическое сопротивление для средней секции нагревательного элемента:

$$R_c = \frac{R_n \cdot L_2}{n \cdot A} = \frac{150000 \cdot 0,3}{1000 \cdot 1} = 45 \text{ Ом}$$

Определяем мощность крайних (P_1) и средней (P_2) секций нагревательного элемента, используя соотношение (II):

$$P_1 = \frac{U^2}{R_c}; P_1 = \frac{110^2}{37,5} = 322 \text{ Вт};$$

$$P_2 = \frac{U^2}{R_c}; P_2 = \frac{110^2}{45} = 268 \text{ Вт};$$

Определяем температуру рабочей поверхности нагревательного элемента, используя соотношения I и IV для крайних (T_1) и средней (T_2) секций нагревательного элемента:

$$T_1 = T_o + \frac{P}{A \cdot B \cdot d};$$

$$T_1 = T_c + \frac{322}{1 \cdot 0,25 \cdot 24} = T_c + 53 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$T_2 = T_c + \frac{P}{A \cdot B \cdot d};$$

$$T_2 = T_c + \frac{268}{1 \cdot 0,3 \cdot 24} = T_c + 44 \text{ } ^\circ\text{C};$$

Таким образом, разработанный гибкий нагревательный элемент состоит из трех секций и обеспечивает температуру рабочей поверхности нагревательного элемента на

крайних секциях 53 °С и на средней секции 44 °С (без учета температуры окружающей среды) при общей мощности $P = 322 + 268 = 912$ Вт.

5 Испытания разработанных гибких нагревательных элементов с использованием нового технического решения, произведенного промышленным способом, показало положительные результаты.

10 Таким образом, предложенное новое техническое решение в указанной совокупности существенных признаков соответствует критерию "промышленная применимость", т.е. уровню изобретения.

Формула изобретения:

15 1. Гибкий нагревательный элемент, содержащий резистивный слой в виде токопроводящей ткани полотняного или сатинового переплетения, уток и основа которой выполнены из комплексных электропроводящих полимерных нитей, изоляционных нитей и металлизированных нитей, объединенных в электроды, которые размещены по краям резистивного элемента по основе токопроводящей ткани и огибают комплексные электропроводящие полимерные нити, отличающийся тем, что токопроводящая ткань содержит изолированные резистивные слои, сформированные из комплексных электропроводящих полимерных нитей, расположенных перпендикулярно к краевым электродам основы токопроводящей ткани, разнесенные друг от друга массивом изоляционных нитей, в зоне которых размещены дополнительные электроды, перекрещивающиеся с краевыми электродами и расположенные перпендикулярно к ним и параллельно к комплексным электропроводящим полимерным нитям.

2. Гибкий нагревательный элемент по п.1, отличающийся тем, что в массиве из изоляционных нитей параллельно комплексным электропроводящим полимерным нитям размещены два дополнительных электрода, а по ширине токопроводящей ткани параллельно краевым электродам равномерно распределены промежуточные электроды, перекрещивающиеся с комплексными электропроводящими полимерными, изоляционными и металлизированными нитями электродов утка токопроводящей ткани.

3. Гибкий нагревательный элемент, содержащий резистивный слой в виде токопроводящей ткани полотняного или сатинового переплетения, уток и основа которой выполнены из комплексных электропроводящих полимерных нитей, изоляционных нитей и металлизированных нитей, объединенных в электроды, которые размещены по краям резистивного элемента по основе токопроводящей ткани и огибают комплексные электропроводящие полимерные нити, отличающийся тем, что комплексные электропроводящие полимерные нити расположены параллельно к краевым электродам, а резистивные слои, выполненные в виде полос по основе токопроводящей ткани, разнесены друг от друга массивом из изоляционных нитей, а в зоне которых размещены два промежуточных

RU 2 1 5 5 4 6 1 C 1

электрода, причем как краевые, так и промежуточные электроды изолированы от полос из комплексных электропроводящих полимерных нитей изоляционными нитями, а по утку токопроводящей ткани перпендикулярно к комплексным электропроводящим полимерным нитям

5

равномерно распределены дополнительные электроды, перекрещивающиеся с комплексными электропроводящими полимерными, изоляционными и металлизированными нитями электродов основы токопроводящей ткани.

10

15

20

25

30

35

40

45

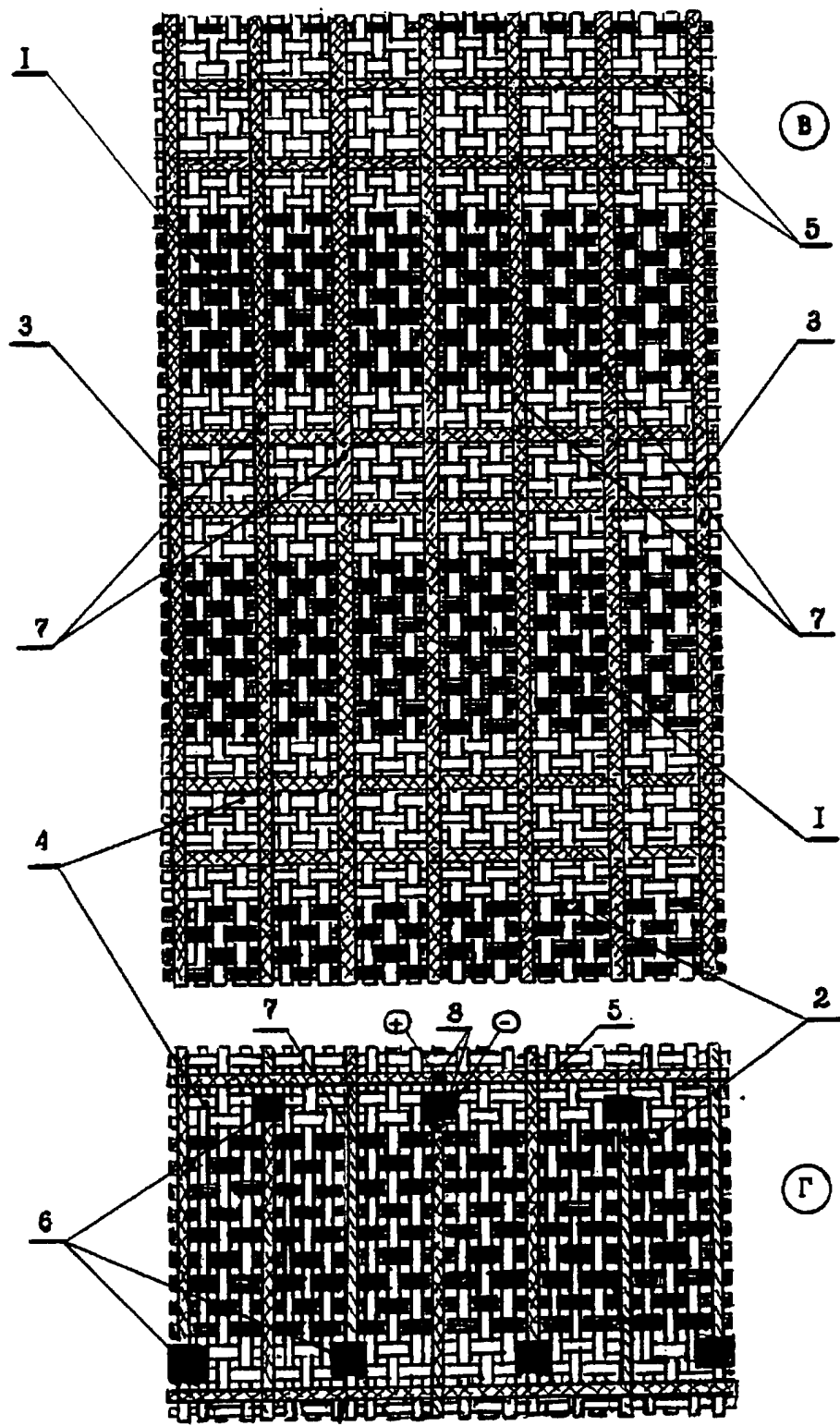
50

55

60

RU 2 1 5 5 4 6 1 C 1

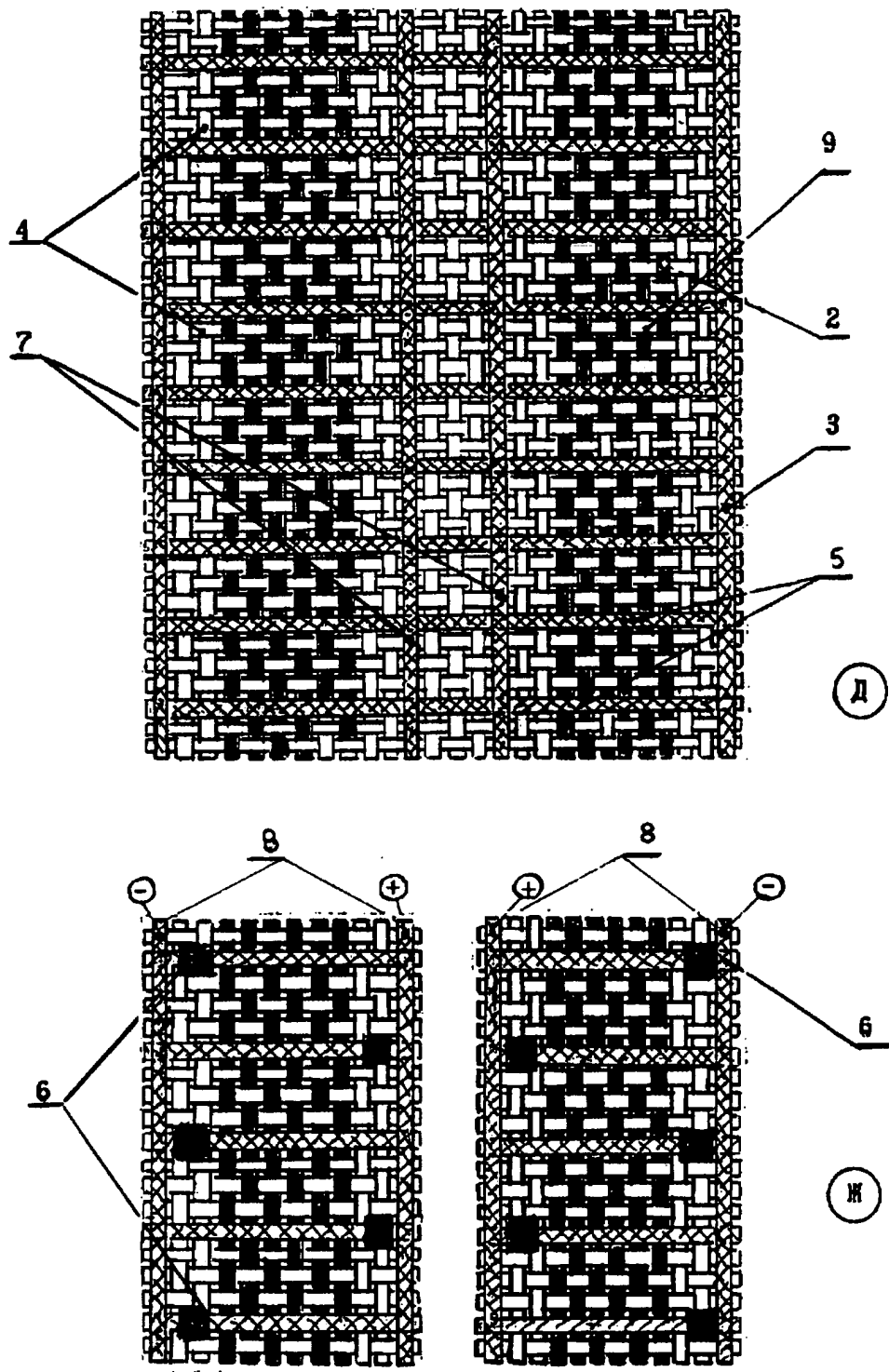
RU 2155461 C1



Фиг. 2

RU 2155461 C1

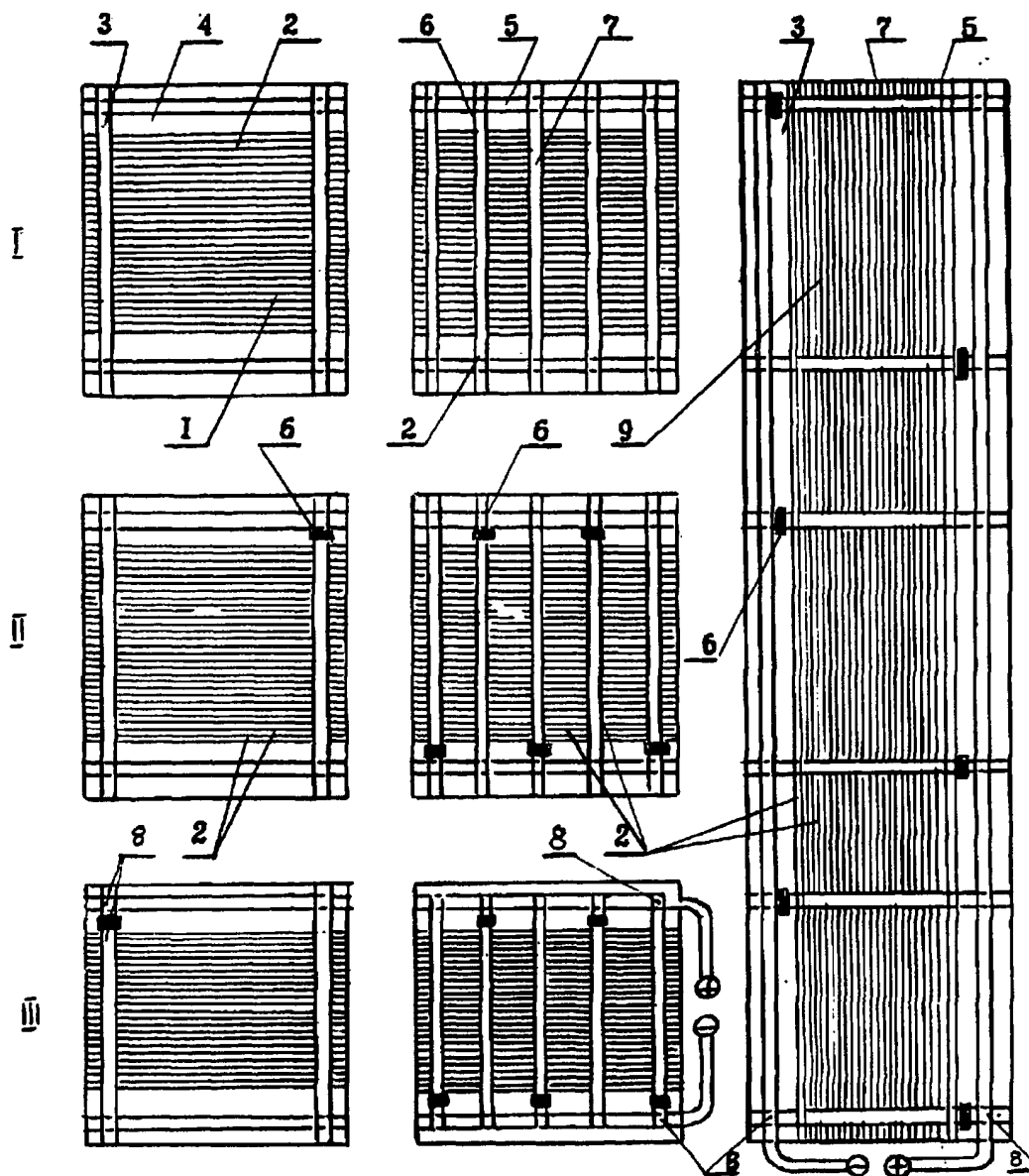
RU 2155461 C1



ФИГ.3

RU 2155461 C1

RU 2155461 C1

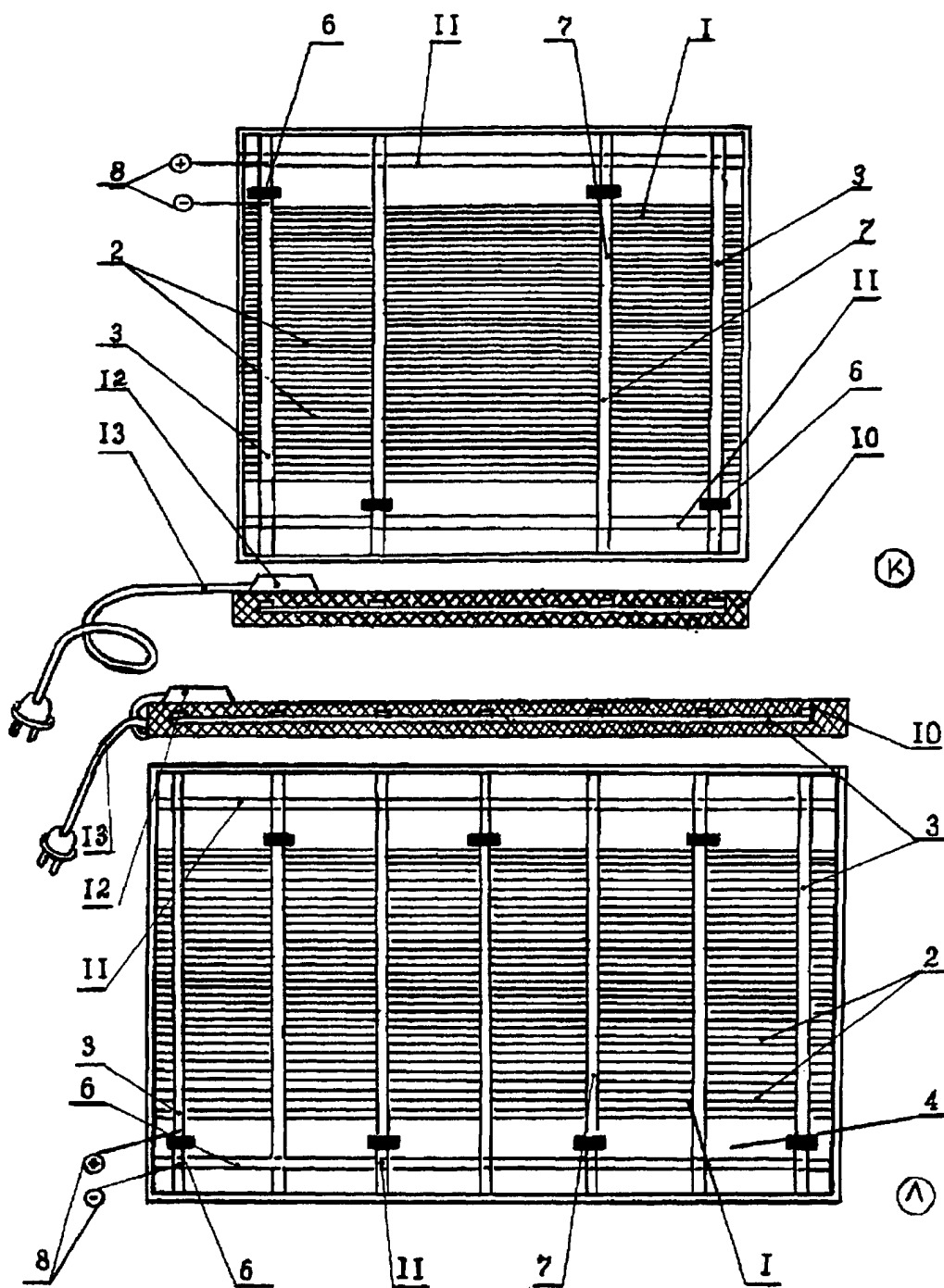


Фиг.4

RU 2155461 C1

RU 2155461 C1

RU 2155461 C1



Фиг. 5